

**OBTENCIÓN DE UNA CUENCA HIDROGRÁFICA MEDIANTE EL USO DE UN
SOFTWARE COMERCIAL “ARCGIS Y EL USO DE UN SOFTWARE LIBRE
“SAGA”. CASO DE ESTUDIO MUNICIPIO DE PORCESITO, ANTIOQUIA**

Autor:

Brian Castro Benavides

Código 31013143

Tutor:

Ingeniero Felipe Alfredo Riaño



**UNIVERSIDAD MILITAR
NUEVA GRANADA**

**PROGRAMA DE ESPECIALIZACIÓN EN
GEOMÁTICA**

FACULTAD DE INGENIERIA

UNIVERSIDAD MILITAR NUEVA GRANADA

2017

OBTENCIÓN DE UNA CUENCA HIDROGRÁFICA MEDIANTE EL USO DE UN SOFTWARE COMERCIAL “ARCGIS Y EL USO DE UN SOFTWARE LIBRE “SAGA”. CASO DE ESTUDIO MUNICIPIO DE PORCESITO, ANTIOQUIA

OBTAINING A HYDROGRAPHIC BASIN THROUGH THE USE OF AN "ARCGIS" COMMERCIAL SOFTWARE AND THE USE OF A "SAGA" FREE SOFTWARE. CASE STUDY MUNICIPALITY OF PORCESITO, ANTIOQUIA

Brian Steve Castro Benavides
Ingeniero Catastral y Geodesta
Estudiante de especialización en geomática
Universidad Militar Nueva Granada
Bogotá, Colombia
U3101343@unimilitar.edu.co

RESUMEN

La ubicación geográfica de Colombia, las condiciones geomorfológicas y de terreno, junto con la abundante oferta hídrica, hacen del país, un territorio idóneo para realizar estudios multicriterio y de análisis variado, para la toma de decisiones en proyectos ambientales y de impacto antropomórfico de corto, mediano y largo plazo.

Debido al avance tecnológico tanto en software licenciados de diferentes costos como lo es Arcgis y también de software libre de codificación gratuita y abierta para instalar desde internet, los análisis mencionados anteriormente pueden ser modelados, plasmados de forma dinámica en una amplia oferta de los mismos. Como profesionales en geomática, con el criterio teórico y práctico surge la necesidad de aplicar metodologías de comparación, que cumplan criterios normativos y técnicos, precisando la forma de tratar la información espacial, teniendo en cuenta como obtener el software, instalación y manejo, para así dar un concepto de los mismo dependiendo del escenario de los proyectos a trabajar y el objetivo por el cual se utilizó alguno de los programas. Para hacer la comparación aplicada del resultado de análisis hidrográfico de cuencas obtenido con los dos software, se implementó para una zona del municipio de Porcesito del departamento de Antioquia, soportado con datos de la zona como lo son los modelos digitales de elevación y cartografía base.

Palabras clave: Cuenca, área hidrográfica, caudal, SAGA, Arcgis.

ABSTRACT

The geographic location of Colombia, the geomorphological and terrain conditions, together with the abundant water supply, make the country an ideal place to carry out multi-criteria and varied analysis studies for decision-making in environmental projects with short anthropomorphic impact, medium and long term.

Due to the technological progress of licensed software of different costs, Arcgis and also offers free and open coding software to be installed from the internet, the analyzes mentioned above can be modeled, dynamically expressed in a wide range of them. As professionals in geomatics, with the theoretical and practical criteria arises the need to apply comparison methodologies, which comply with normative and technical criteria, specifying the way to treat spatial information, taking into account how to obtain the software, installation and management, in order to To give a concept of the same depending on the scenario of the projects to work and the objective for which one of the programs was used. In order to make the applied comparison of the result of hydrographic analysis of basins obtained with the two software, it was implemented for an area of the municipality of Porcesito of the department of Antioquia, supported with data of the zone as they are the digital models of elevation and base cartography.

Key words: Basin, hydrographic area, flow, SAGA, Arcgis.

1 INTRODUCCIÓN

Se utilizan diversos software para obtener cuencas hidrográficas, ¿Cuál sería el resultado al comparar un software licenciado, el cual cuenta con librerías y complementos específicos con un software que sea gratuito y de libre desarrollo, contemplando factores como tiempo, complejidad del procedimiento y desarrollo del mismo?, teniendo como fundamento herramientas teóricas y con los avances actuales de la geomática, se hace perentorio hacer una análisis de estos medios, y poder enfocarlos así al medio ambiente, y en el caso

particular del ciclo hidrológico y en la obtención de una cuenca.

El presente estudio busca aplicar las herramientas adquiridas en una disciplina como la geomática, pasando por los sistemas de información geográfica, procesamiento de imágenes digitales, cartografía análisis de redes, entre otras bases del conocimiento y cuyo propósito es hacer una comparación de dos software conocidos, pero enfocados en un producto específico que es la obtención de cuencas.

2 MATERIALES Y MÉTODOS

A continuación se describe la secuencia de actividades realizadas durante el estudio de caso para la obtención de la cuenca hidrográfica.

2.1 ZONA DE ESTUDIO

La zona de estudio se encuentra ubicada en el municipio de Porcesito localizado entre el municipio de Donmatías, sector conocido como Pradera y el municipio de Santo Domingo, vereda Porcesito, dentro del Departamento de Antioquia. Gran parte se ubica sobre el margen derecho del Río Medellín. En la figura 1, se muestra la localización de la zona de estudio.

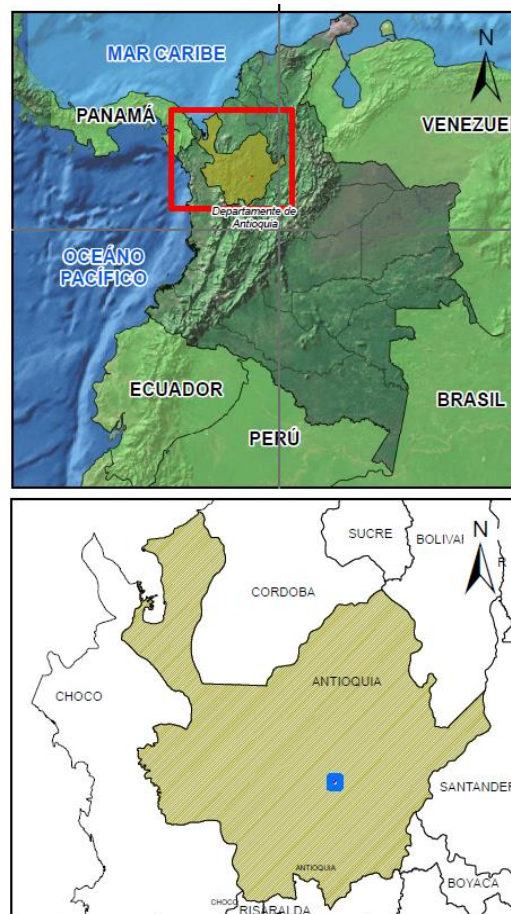


Figura 1. Localización zona de estudio

Fuente: Elaboración propia

2.2 SOFTWARE UTILIZADOS

SAGA: System for Automated Geoscientific Analyses¹ El software SAGA GIS es de código libre y puede ser descargado de saga-gis.org. Es una aplicación que funciona en la plataforma API, con interfase GUI, que tiene acceso de programación en el lenguaje C++, cargado con algoritmos de análisis para estudios geocientíficos. Compatibles para

¹ [Saga-gis.org](http://saga-gis.org).

Linux y Windows, HECGeoHMS, 2016.

Fue un programa que nació en función de cumplir actividades geocientíficas para NASA, pero debido a su relativo éxito, fue puesto en la página para ser descargado y utilizado, con una acogida muy aceptable, y brindando soluciones eficientes a miles de usuarios, en la actualidad es conocido por qué se puede enlazar a otros programas gratuitos de SIG como Qgis e Hidrosig.

Entre sus principales ventajas se resalta el fácil acceso al código de programación del software, teniendo en cuenta que no se tiene que pagar por bajarlo de la red o instalarlo, pero aclarando que algunos paquetes y complementos si pueden tener algún tipo de costo; y por otra parte la curiosidad y capacidad inventiva de los usuarios que en muchos casos hace que el software sobrepase los límites y expectativas para lo cual fue concebido.

Si bien como se mencionó anteriormente el objetivo es comparar dos tipos de software SIG, en principio muy distinto, pero que ofrecen herramientas similares, se reitera que no se hará una comparación general sino una enfocada en las herramientas de cada uno para obtener cuencas, aun así se pueden hacer unas menciones generales sobre cada uno.

Como sus principales desventajas se puede enumerar de manera a priori al estudio que no se tiene un soporte

técnico especializado o garantizado, además si se desea manipular el código se requiere tener conocimientos básicos de programación para poder hacerlo y cumplir tareas con este software, lo cual muchas veces lo hace algo difícil de usar y entender su funcionamiento.

- La información encontrada en foros y en la red no es controlado, sino de libre tráfico.
- Incompatibilidad entre las versiones de programas SIG.

ARCGIS DEKSTOP 10.4: ArcMap y ArcGIS Pro, las dos aplicaciones de escritorio principales para profesionales de SIG, forman parte de ArcGIS for Desktop. ArcMap y la aplicación que la acompaña, ArcCatalog, así como ArcGlobe y ArcScene, funcionan conjuntamente para proporcionar un espectro completo de funciones de SIG. Estas aplicaciones son la base de este sistema de ayuda. Marco, P.P. (2011, octubre).²

Una ventaja de Arcgis sobre otros software, es el soporte técnico el cual ofrece cobertura continua todos los días de la semana y con rápidas y eficientes respuestas, adicionalmente las aplicaciones se van modificando dependiendo de las necesidades del usuario y el mercado. Debido al nombre y reputación de la casa desarrolladora ESRI posee amplia difusión y es bien conocida en el mercado.

² Pro.arcgis.com

Su principal y mayor desventaja sin haberlo usado de manera anterior al ejercicio es el costo elevado tanto del software, como las capacitaciones de cada uno de sus módulos para un uso óptimo.

2.3 PREPARACIÓN DE LA INFORMACIÓN

Se utilizó un DEM ASTER para zona con una resolución espacial de 5 metros de pixel, como insumo base para la obtención de las cuencas. Para el cálculo del caudal, se utilizó la información de los modelos de precipitación y evapotranspiración de las estaciones hidrometereológicas del IDEAM para el año 2015.

2.3.1 Obtención de una cuenca hidrográfica mediante Arcgis

La metodología para obtener una cuenca o microcuenca hidrográfica en Arcgis se basa en el tamaño de pixel de un Modelo digital de elevación (DEM).

La delimitación de la cuenca en Arcgis se realizó con el DEM previamente cargado y se procedió a abrir ArcToolbox, con la siguiente la ruta:

*ArcToolbox > Spatial Analyst Tools >
Hydrology > Fill*

Esta herramienta es de llenado, toma el raster y le quita todo los huecos, es decir pixeles nulos o sin información, porque en una superficie en el modelamiento de la vida real, la cuenca cubre toda el área que se quiera estudiar.

Con el Raster del modelo ya procesado, se obtuvo la dirección del flujo de drenajes que alimentan un cuerpo de agua mayor, este paso se evidencia en la figura 2:

*ArcToolbox > Spatial Analyst Tools >
Hydrology > Flow direction*

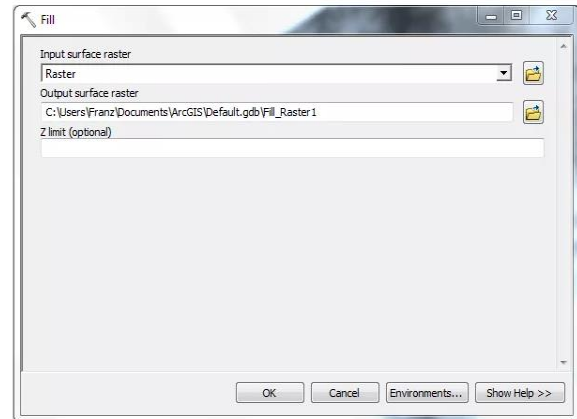


Figura 2. Herramienta fill Arctoolbox

Fuente: Elaboración propia

Esta herramienta es de llenado, toma el raster y le quita todo los huecos, es decir pixeles nulos o sin información, porque en una superficie en el modelamiento de la vida real, la cuenca cubre toda el área que se quiera estudiar.

Una vez obtenido el Raster del modelo, fue necesario definir la dirección del flujo de drenajes que alimentan un cuerpo de agua mayor, para lo cual se utilizó la siguiente ruta (fig. 3):

*ArcToolbox > Spatial Analyst Tools >
Hydrology > Flow direction*

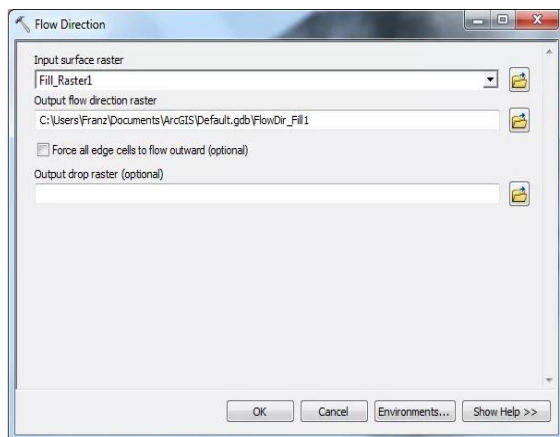


Figura 3. Herramienta Flow accumulation

Fuente: Elaboración propia

Luego se requirió saber la dirección y el flujo de alimentación de la cuenca, es decir hacia donde los drenajes y en qué dirección alimentan la cuenca y con ello poder empezar a hacer una esquematización de la red de drenajes. Por tanto, se utilizó la herramienta “flow accumulation” (fig. 4) la cual se encuentra en la siguiente ruta:

*ArcToolbox > Spatial Analyst Tools >
Hydrology > Flow accumulation*

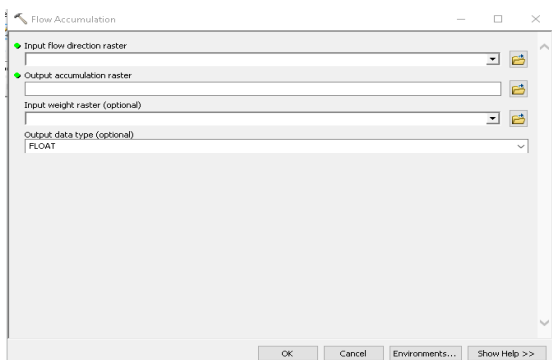


Figura 4. Flow accumulation Arctoolbox

Fuente: Elaboración propia

Lo anterior genero la siguiente imagen, en la que se pueden apreciar las vertientes:

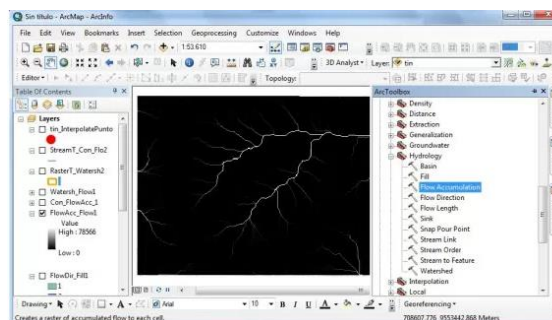


Figura 5. Resultado red Hídrica

Fuente: Elaboración propia

Para la construcción de la red hídrica, se generó una capa vectorial del flujo de drenajes a partir del uso de la herramienta stream to feature:

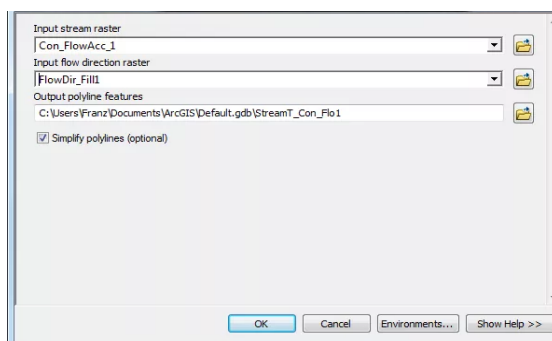


Figura 1. Red hídrica en formato shape

Fuente: Elaboración propia

Posteriormente, para obtener el polígono de la cuenca en el arctoolbox, se usó la herramienta watershed, con el flujo obtenido en el punto anterior:

*ArcToolbox > Spatial Analyst Tools >
Hydrology > Watershed*

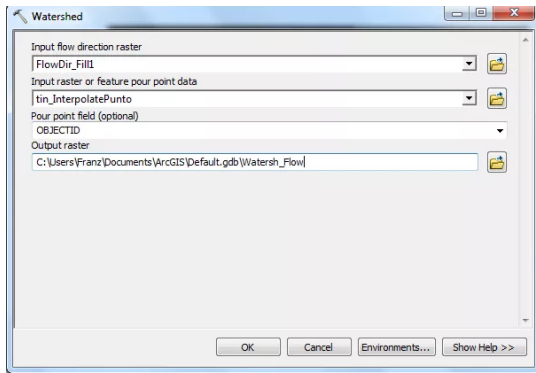


Figura 2. Paso final, obtención de la cuenca

Fuente: Elaboración propia

Finalmente la delimitación de la Cuenca fue la siguiente:

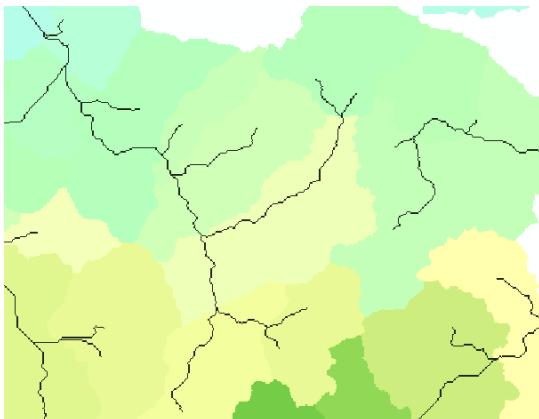


Figura 3. Ejemplo cuenca obtenida en arcgis

Fuente: Elaboración propia

2.3.2 Obtención de una cuenca hidrográfica mediante SAGA

Se cargó el Modelo Digital de elevación, que es el mismo usado para la elaboración en Arcgis, cabe acalarar que SAGA admite cargar únicamente los archivos .sgrd, para ello se siguió la ruta:

File / Grid / Load

Como el DEM puede llegar a tener huecos o puntos de vacío sin información, SAGA cataloga la

información raster como un producto hidrológico viable, es decir un modelo, para obtener de manera continua la información de todas las elevaciones se utilizó la herramienta "Fill Sinks" referida a continuación:

Geoprocessing / Terrain Analysis /
Preprocessing / Fill Sinks (Wang Liu)

Al tener disponible únicamente el DEM cargado preliminarmente, se abrió la siguiente ventana:

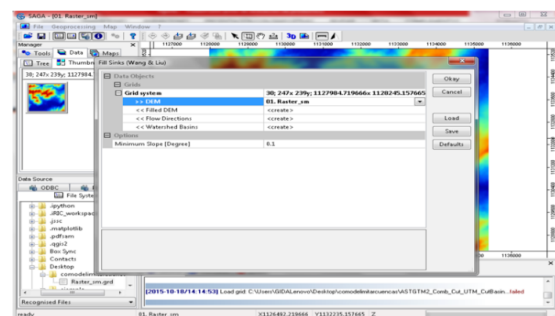


Figura 4. Paso para cargar el Dem en SAGA

Para la generación de las cuencas y las redes Hídricas se ejecutó la herramienta de la siguiente ruta:

Geoprocessing / Terrain Analysis / Channels
/ Channel Network and Drainage Basins

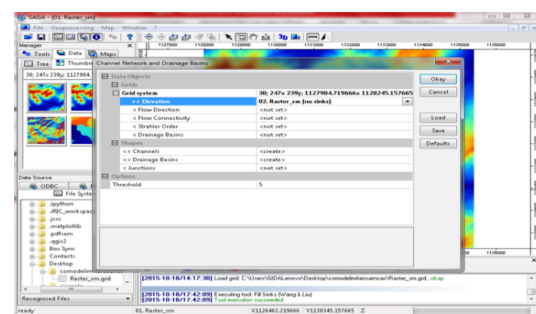


Figura 5. Paso final para obtener una cuenca y su sistema de drenajes

Con lo anterior se obtuvo tanto la delimitación de cuentas como la red hídrica paralelamente. Cabe resaltar que el programa por defecto está trabajando sobre un raster por lo tanto

la salida de sus productos es generada en dicho formato. Al momento de guardar se puede exportar como un archivo formato shape.

2.3.3 Calculo caudal medio

Respecto a la estimación del caudal medio, se utilizó el área de las cuencas obtenidas mediante los dos softwares, y los Raster de precipitación y evaporación anual para la región del área de estudio, con el fin de analizar si hay una diferencia significativa en los resultados de los caudales obtenidos, haciendo la aclaración que hay diversas fórmulas y modelaciones para hacer el cálculo del caudal de una cuenca. Como el objetivo del presente desarrollo es hacer un comparación entre los dos software, se hizo un estimativo estadístico, para obtener valores ponderados y poder aplicar de manera directa la fórmula del cálculo del caudal. Por tanto con las estadísticas obtenidas se aplicó:

$$3.1451E-05 * AC * (PP - PE)$$

Donde:

- AC= Área de la Cuenca.
- PP= Promedio de la precipitación.
- PE= Promedio de la evaporación.

Tomando como valor del balance hídrico para la zona de estudio el obtenido del IDEAM para el año 2017.

3 RESULTADOS

En esta sección se aprecia la obtención final de la cuenca generada a partir cada uno de software utilizados mencionados previamente.

3.1 Cuenca obtenida por el software ARCGIS

El modelo digital de elevación de la zona obtenido al aplicar la herramienta de llenado para tener una superficie, con información continua y con el cual se logró obtener la cuenca en ARCGIS se aprecia en la figura 11.

En cuanto al cálculo de dirección del flujo mediante “flow direction” la imagen generada por el software se evidencia en la figura 12, mientras que el cálculo de acumulación del flujo mediante “flow accumulation” puede observarse en la figura 13. Por otro lado se generó la contrucción de la red hídrica, en formato shape (fig. 14).

Finalmente la cuenca resultante como se puede apreciar en la figura 15.

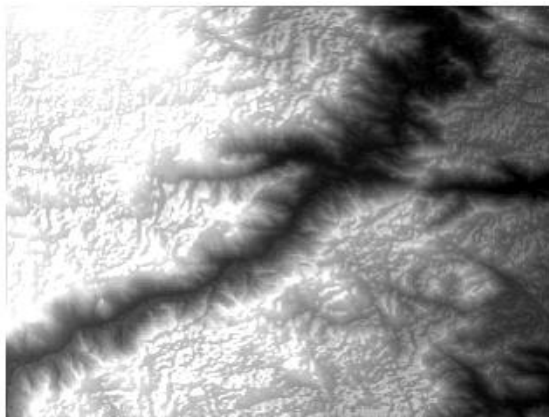
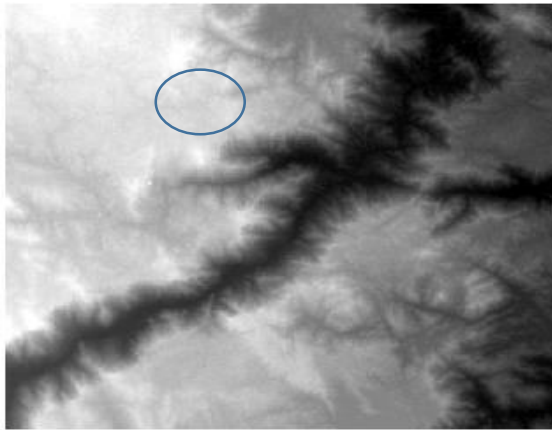


Figura 6. DEM resultante despues de aplicar la herramienta FILL

Fuente: Elaboración propia

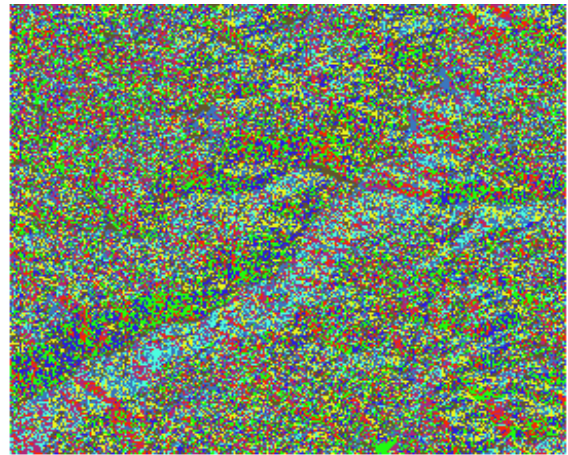


Figura 7. Resultado Flujo de direcciones

Fuente: Elaboración propia



Figura 8. Flujo de acumulación

Fuente: Elaboración propia

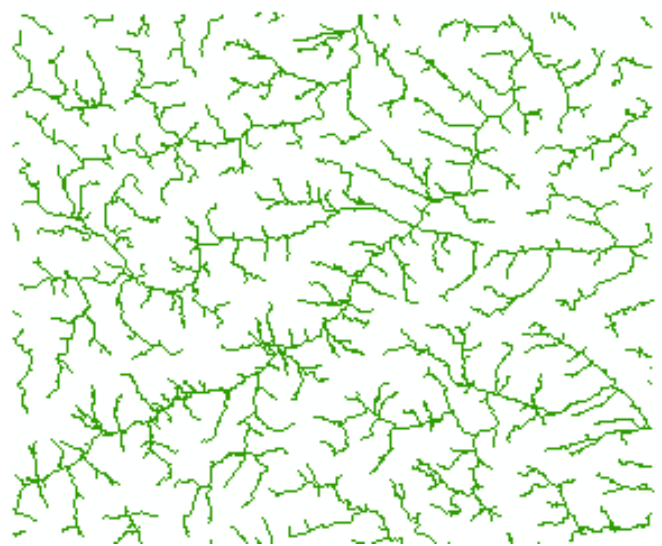


Figura 9. Resultado red hídrica

Fuente: Elaboración propia

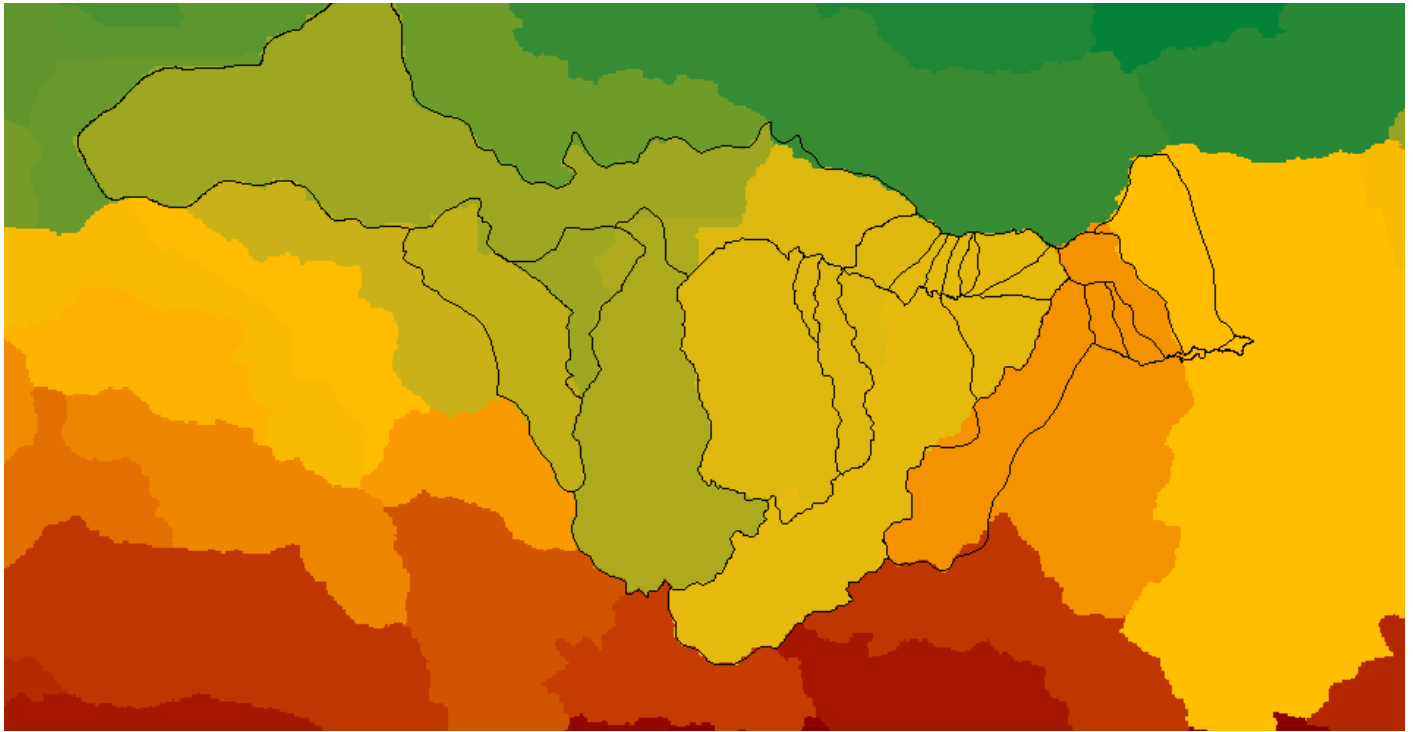
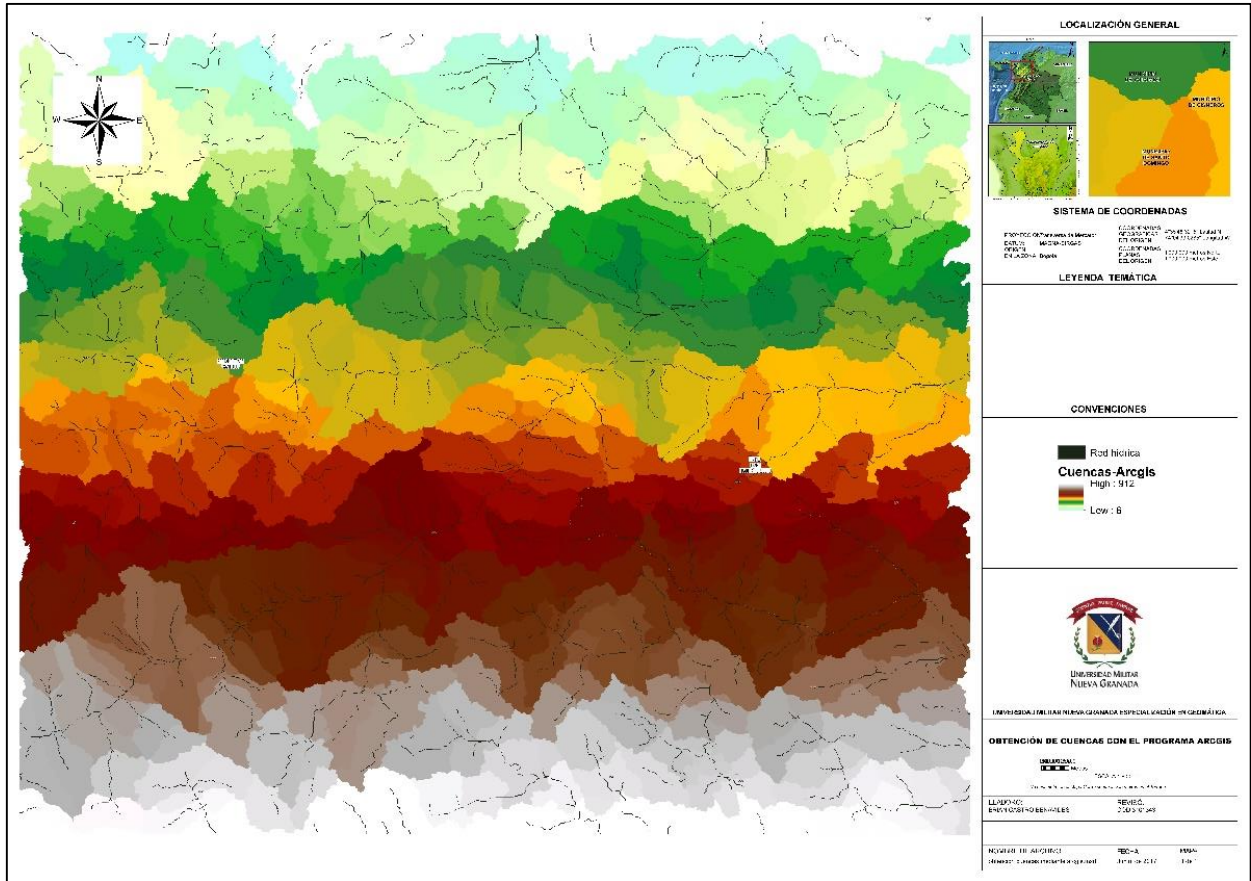


Figura 10. Resultado cuenca-Arcgis

Fuente: Elaboración propia



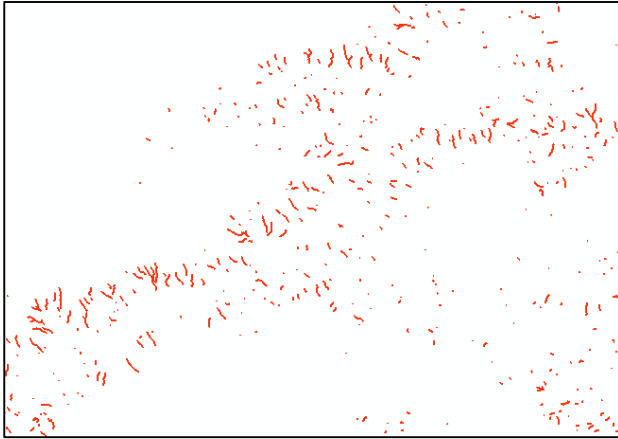


Figura 13. Resultado red hídrica SAGA

Fuente: Elaboración propia

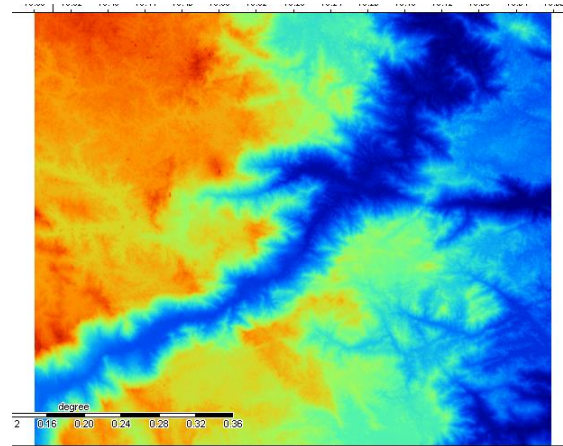


Figura 14. DEM resultante procesamiento SAGA

Fuente: Elaboración propia

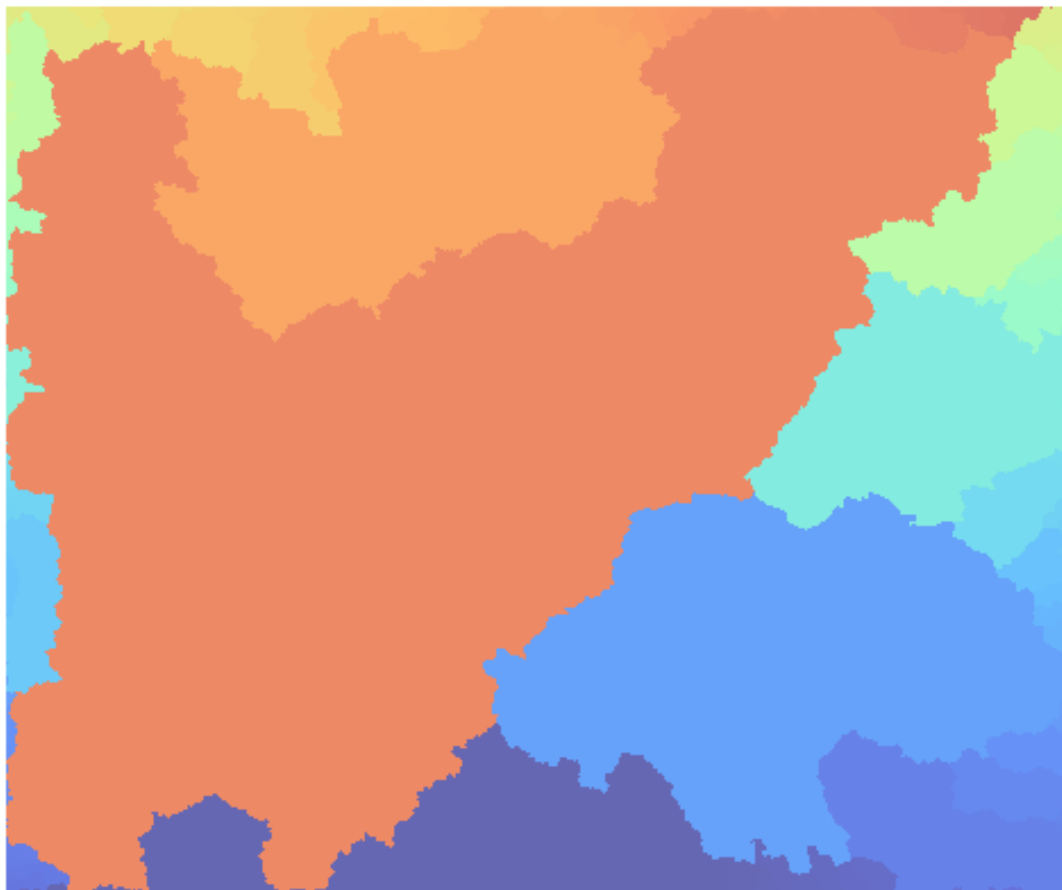


Figura 15. Resultado cuenca SAGA

Fuente: Elaboración propia

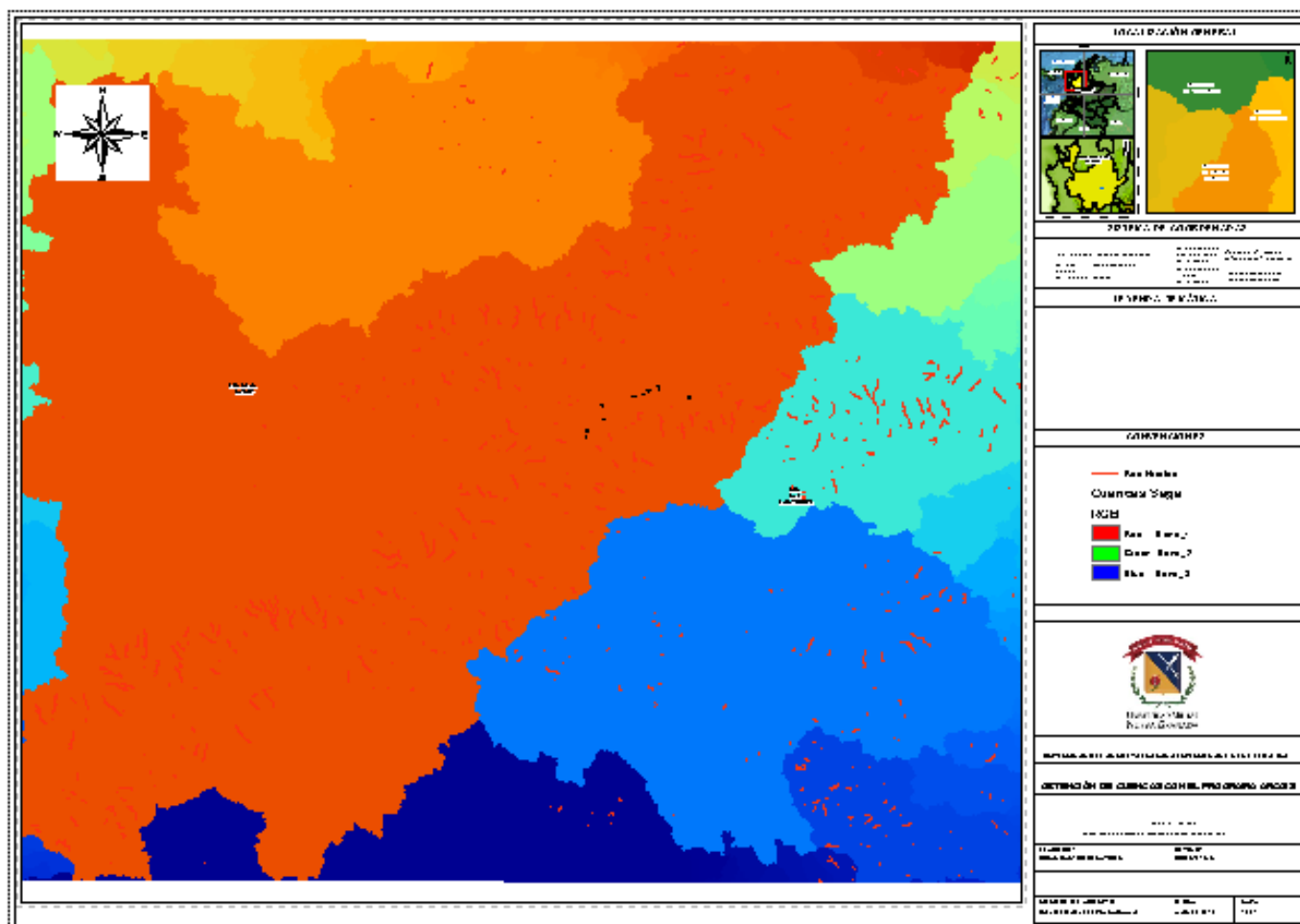


Figura 16. Resultado Mapa de Cuencas SAGA

Fuente: Elaboración propia

3.3 Cálculo de caudales

El cálculo del caudal medio se utilizó la fórmula presentada en la metodología, y utilizando los valores medios de precipitación evapotranspiración media para la zona, usando datos de las estaciones climatológicas del IDEAM³. Se puede evidenciar, la diferencia significativa entre los valores

obtenidos con cada procedimiento a pesar de usar los mismos insumos para su elaboración.

Tabla 1. Cálculo caudal medio Cuenca Arcgis

Fuente: Propia

Caudal para cuencas en Arcgis	
Total de cuencas	503
sumatoria área total en Ha	303839,644
Precipitación promedio anual(l/m2)	230
Evapotranspiración promedio anual(°)	4
Caudal medio	2159,60

³ INSTITUTO DE HIDROLOGÍA, METEOROLOGÍA Y ESTUDIOS AMBIENTALES DE COLOMBIA. IDEAM. Sistema Biofísico

Tabla 1. Calculo caudal SAGA

Fuente: Propia

Caudal para cuencas en SAGA	
Total de cuencas	765
sumatoria área total en Ha	224980,6513
Precipitación promedio anual(l/m2)	230
Evapotranspiración promedio anual(°)	4
Caudal medio(m3/s)	1599,09

3.4 Comparación del software

Visual: En la figura 22 se puede apreciar la comparación gráfica para cada uno de los software utilizados, allí se evidencian claras diferencias en cuanto a definición y detalle. Ahora bien, con el uso de Arcgis se presenta mejor definición y mayor número de cuencas, mientras que SAGA generaliza ambos aspectos. De igual manera en la red de drenajes creada por Arcgis se encuentra tanto mayor consistencia como número en comparación con la red de drenajes obtenida con SAGA.

Estadístico: Los porcentajes de variación son significativamente altos(Tabla, lo que quiere decir que ningún modelo garantiza la efectividad del proceso, si bien, en la comprobación visual, permite distinguir la superioridad de Arcgis, en cálculo de caudal se esperaba que la sumatoria de todos los caudales de ambos procesos fueran muy similar, debido en primera instancia al área cubierta por el DEM y a los valores de evapotranspiración y precipitación, aunque también hay que destacar que la mayoría de los valores de caudal para las cuencas obtenidas por SAGA son muy similares (observar figura 23), y al no ser áreas homogéneas, se pone en duda la exactitud y precisión de los mismo al no tener un modelo de referencia para poder compararlos, y el algoritmo usado por SAGA para obtener áreas.

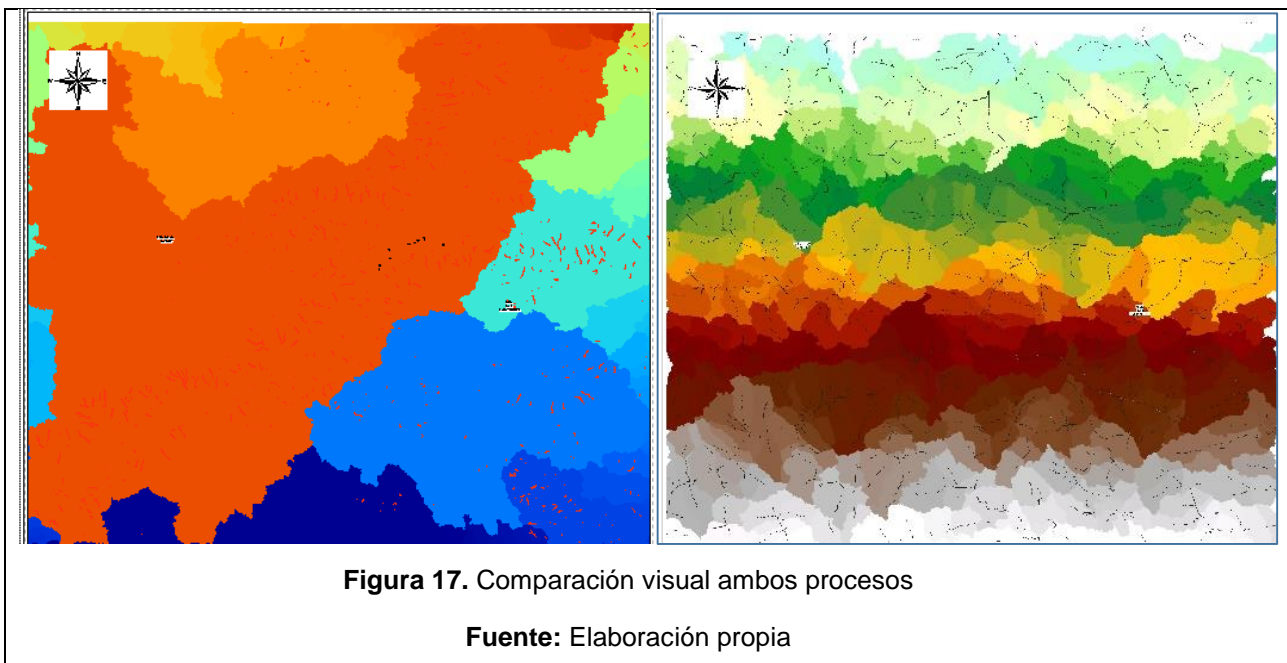


Tabla 2. Variación Porcentual y comparación de resultados obtenidos.

Fuente: Propia

Diferencias	Cantidad	% de variación
Número de cuencas diferentes	262	34,3
diferencia en area(Ha)	78858,99	25,95
diferencia Caudal medio m3/s	560,51	26,0

Identificador cuencas	area	Caudal
262	0,000001	7,1077E-09
252	0,000001	7,1077E-09
253	0,000001	7,1077E-09
215	0,000001	7,1077E-09
285	0,000001	7,1077E-09
233	0,000001	7,1077E-09
199	0,000001	7,1077E-09
187	0,000001	7,1077E-09
159	0,000001	7,1077E-09
235	0,000001	7,1077E-09
15	0,000001	7,1077E-09
263	0,000001	7,1077E-09
314	0,000001	7,1077E-09
138	0,000001	7,1077E-09

Figura 18. Muestra del cálculo de caudales para SAGA

Fuente: Elaboración propia

3.5 Indicadores de comparación para los software

Finalmente, se va a realizar una comparación de algunos indicadores propuestos en la metodología ISO 9126-3⁴

- **Indicador de eficacia**

Para la eficacia se evaluaron 2 aspectos relevantes extraídos de la norma propuesta:

⁴ ISO 9000 Metodología para la comparación de software

Apariencia: Los gráficos y manejos de menús y ventanas desplegables hacen más amigable y entendible a Arcgis, SAGA es un poco más complejo de usar la primera vez y no es fácil ubicar todas sus herramientas y funciones, que son bastantes y variadas, Arcgis hace que sea más sencillo y fácil de utilizar.

Formatos: En la siguiente tabla se aprecian los formatos para cada software.

Tabla 3. Formatos soportados por cada programa.

Fuente: Propia

Formatos para manejo e intercambio de archivos (cuencas)		
	Arcgis	SAGA
Shapefile	1	1
kml	1	0
Geodatabase	1	0
Grid	0	1
Total	3	2

Formatos para manejo de archivos vector		
	Arcgis	SAGA
Todos	1	1

- **Indicador de productividad**

Para la productividad, se tuvieron en cuenta el aspecto del tiempo en el desarrollo de la tarea y el número de pasos para obtener un resultado en cada uno de ellos:

Tabla 4. Tiempo en minutos de cada proceso

Fuente: Propia

Tiempo Para el proceso en minutos		
Para Obtención de Cuencas	ArcGis	Saga
Preparación de DEM	15	2
Obtención de direcciones de flujo	35	3
Obtención de drenajes	35	3
Obtención de la cuenca	35	2
Total	120	10

Al ejecutar el proceso en Arcgis se requiere, un manejo básico de arcgis como se evidencio en la metodología, son como mínimo seis pasos para obtener las cuencas finales, y para un usuario promedio tomaría alrededor de dos horas, mientras que SAGA lo puede realizar en menos de 10 minutos, si se tienen claros los pasos a realizar para la metodología.

- **Indicador de calidad**

Para la calidad como ya se ha respecto a la calidad como se ha mencionado anteriormente solo se tuvo en cuenta la herramienta o herramientas para obtener una cuenca hidrográfica, teniendo en cuenta el sistema de proyección:

Tabla 5. Manejo de sistemas de proyección
Fuente: Propia

Sistema de Proyección		
Para Obtención de Cuencas	ArcGis	Saga
Migración en formato Shape y en Cualquier formato Raster del mercado	1	1
Total	1	1

En teoría cada uno de los programas permite manejar cualquier tipo de sistema de coordenadas, y parámetros q se les asigne, para Saga el resultado se dejó subrayado porque al momento de abrirlo en otro programa SIG pierde dicho sistema, solo funcionando para wgs84 y en cualquier otro teniendo la necesidad de reproyectar.

Finalmente para la calidad también se evaluó la generación del producto: a pesar que SAGA es mucho más

sencillo de operar y obtener resultado, sus productos son muy genéricos, se entiende que es un proceso automático, pero al momento de mirar el producto obtenidos por ARCGIS se evidencia una calidad mejor.

- **Indicador de portabilidad**

Para el indicador de portabilidad se tuvo en cuenta, aspectos de instalaciones y costos:

Tabla 6-Indicador de portabilidad
Fuente: Propia

Portabilidad			Calificación	
	ArcGis	Saga		
Complejidad	Si 2 horas o mas	No- ejecutable	0	1
Requerimientos de Hardware	Altos	Medios al ser un ejecutable	0	1
Costo	Desde 2000 dolares hasta 20.000 sin servicios arcgis online	Gratuito	0	1
Espacio en Disco	2Gb	310 Mb	0	1
Total			0	4

En este aspecto saga es muy superior respecto a arcgis, debido a su fácil manejo de instalación y su costo, es gratis y no requerir componentes hardware de especificaciones muy altas.

- **Balance de indicadores**

Tabla 7. Balance de indicadores
Fuente: Propia

Aspectos	SAGA	ARCGIS
FORMATOS	1	1
APARIENCIA	0	1
TIEMPO	1	0
SISTEMA DE PROYECCION	0	1
PORTABILIDAD	1	0
CALIDAD DEL PRODUCTO	0	1
TOTAL	3	4

4 CONCLUSIONES

Al realizar el análisis comparativo, se reforzó el objetivo de poder hacer una comparación entre ambos programas, en diferentes aspectos visuales estadísticos y de indicadores, lo cual permitió conocer fortalezas y debilidades de cada uno de los programas a comparar, y saber así en determinado momento cual es el mejor software utilizar.

El software Arcgis es el más completo respecto a calidad y producto, se garantiza un trabajo más detallado, y se podrían realizar con sus resultados análisis de más complejidad, precisión y exactitud, y en la parte visual presenta procesos más elaborados.

Sin embargo no se recomienda el software Arcgis para actividades que requieran premura, ni para personas que estén iniciando en geomática o sistemas de información geográfica, se debe tener una mínima base para poder operarlo y obtener los productos deseados, además que para sus operaciones y herramientas que aunque son procesos automáticos, pueden llegar a ser complejos y dispendiosos para los nuevos usuarios.

El software SAGA presenta productos menos detallados con respecto a Arcgis, a escalas grandes no es recomendable su uso, debido a la generalización de sus productos, siendo así una buena opción para escalas pequeñas y tener una referencia aproximada sobre las distintas áreas de estudio.

El software SAGA, es mucho más fácil de manipular para personas que no tienen muchos conocimientos de SIG, en el caso de las cuencas solo se requiere obtener el DEM, y de esta manera se pueden obtener los productos en menos de tres pasos, ahorrando tiempo y brindando una herramienta a los usuarios fácil de entender y de usar.

En el análisis de indicadores, el software más idóneo para determinar cuencas es ARCGIS, sin embargo, en el balance final obtuvo esta ventaja por poco; lo cual nos permite tener dos opciones a la hora de realizar trabajos relacionados con cuencas, siempre y cuando se analice el nivel de detalle, el tiempo de ejecución y los costos del proyecto. El usuario podrá realizar un análisis de estos aspectos y así decidir cuál programa es el que le conviene más usar.

SAGA es una buena opción para estudios que no sean de gran envergadura, académicos o de reconocimiento con poco presupuesto, ya que posee gran variedad de librerías y herramientas útiles, y como en el caso de estudio, incluso es un buen insumo para realizar estudios de comparación si así se requiere, teniendo en cuenta que al ser un programa open source está evolucionando constantemente.

Por otro lado si se tienen los recursos para desarrollar cualquier tipo de proyecto lo más aconsejable será usar Arcgis, que garantiza un muy buen producto, y manejo en distintas bases de datos y formatos.

Hay que tener claridad que muchas veces el resultado de los productos y los procesos en un proyecto también dependen exclusivamente del usuario y de quien los ejecute, se pueden obtener buenos resultados, con cualquier tipo de software.

5 RECOMENDACIONES

Se deben realizar estudios comparativos de las diferentes herramientas de los software comerciales y licenciados, respecto a las nuevas opciones de software libre, esto permitirá conocer fortalezas y debilidades de cada uno llegando, a complementarse en y así poder usar de manera más óptima todos los recursos disponibles.

6 REFERENCIAS

Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca CAR. (2010). Actualización de la Oferta Hídrica Superficial para las Cuencas.

Hasta de Quinto Orden para la Jurisdicción de la CAR. Bogotá: CAR.

HIMAT. Instituto de Hidrología, Meteorología y Adecuación de Tierras. (1985). Inventario de Cuencas Hidrográficas en Colombia. III Congreso de cuencas hidrográficas en Cali-Bogotá.

López, J. y Delgado, P. (2009, septiembre). "Caracterización Paramétrica de las Cuencas".

Presentado en Jornadas sobre Hidrología de Superficie en Tenerife, Santa Cruz de Tenerife, España.

Marco, P.P. (2011, octubre). "Métodos de Interpolación en Arcgis 10". Presentado en UNAM Geografía, Ciudad de México, México.

US Army Corps of Engineers, Hydrologic Engineering Center. (2013). HECGeoHMS